昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, July 2010, 53(7): 748 - 753 ISSN 0454-6296

新烟碱类杀虫剂拌种对马铃薯甲虫幼虫食物利用和生长发育的影响

郭建国[1]，张海英[1]，刘永刚[1]，吕和平[1,*]，郭文超[2]
（1. 甘肃省农业科学院植物保护研究所，兰州 730070；2. 新疆农业科学院植物保护研究所，乌鲁木齐 830000）

摘要：为研究马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata*(Say)幼虫取食新烟碱杀虫剂噻虫嗪和吡虫啉处理(有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种)播种 90 d 后马铃薯叶片的消化吸收和生长发育情况，在室内采用重量法测定了幼虫取食量、体重增加量、食物利用率，近似消化率以及蛹重等营养指标。结果表明：70%噻虫嗪种子处理可分散粉剂拌种后，马铃薯甲虫幼虫的取食量、体重增加量、食物利用率、食物转化率、近似消化率和相对生长率以及蛹重显著低于10%吡虫啉可湿性粉剂拌种和空白对照($P<0.05$)，发育历期显著长于10%吡虫啉可湿性粉剂拌种和空白对照($P<0.05$)；而10%吡虫啉可湿性粉剂拌种后，马铃薯甲虫幼虫的取食量和3~4龄期的体重增加量与空白对照差异显著($P<0.05$)，蛹重、1~2龄幼虫的体重增长量、食物利用率、食物转化率、近似消化率、相对生长率和生长发育历期与空白对照差异不显著($P>0.05$)。说明70%噻虫嗪种子处理可分散粉剂拌种对马铃薯甲虫幼虫的取食有显著抑制作用，不能很好地满足其生长发育营养物质的需要，幼虫取食其叶片后，近似消化率和相对生长速率显著降低，生长发育历期显著延长。这有利于减少其当季世代数，降低其危害。

关键词：马铃薯甲虫；噻虫嗪；吡虫啉；拌种；食物利用；生长发育
中图分类号：Q965.9 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2010)07-0748-06

Effect of seed dressing with neonicotinoid insecticides on food utilization and development of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) larvae

GUO Jian-Guo[1], ZHANG Hai-Ying[1], LIU Yong-Gang[1], LÜ He-Ping[1,*], GUO Wen-Chao[2] (1. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 2. Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830000, China)

Abstract: In order to study digestive absorption and development of potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* larvae feeding on the potato leaves grown from seed tubers (planting for 90 d) dressed with thiamethoxam and imidacloprid (18 g a. i./100 kg), nutritional index of larvae such as food intake, body weight gain, food utilization efficiency, food conversion rate and approximate digestibility and pupal weight were tested with the weighing method in the laboratory. The results indicated that the larvae feeding on the potato leaves grown from seed tubers dressed with 70% thiamethoxam ZF had significantly lower food intake, body weight gain, pupal weight, food utilization efficiency, food conversion rate, approximate digestibility and relative growth rate, and significantly longer developmental duration than those feeding on the leaves grown from seed tubers dressed with 10% imidacloprid WP and the blank control ($P<0.05$). On the contrary, seed dressing with 10% imidacloprid WP caused significant lower food intake and body weight gain in 3rd and 4th instar larvae compared with the blank control ($P<0.05$), while there were no significant differences in pupal weight, body weight gain in 1st and 2nd instar larva, food utilization efficiency, food conversion rate, approximate digestibility, relative growth rate and developmental duration compared with the blank control ($P>0.05$). The results suggest that 70% thiamethoxam ZF significantly inhibited larval food intake, causing it unable to meet their nutrient needs for growth and development. When *L. decemlineata* larvae fed on the potato leaves grown from seed tubers dressed with 70% thiamethoxam ZF, approximate digestibility and relative growth rate can be significantly reduced, and the developmental duration obviously prolonged, which may facilitate to reduce the seasonal number of generations so as to decrease their harm.

基金项目：农业部公益性行业科研专项(200803024)
作者简介：郭建国，男，1977生，甘肃镇原人，硕士，研究方向为农作物病虫害防治技术，E-mail：jguo1001@163.com
* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: Lheping@qq.com
收稿日期 Received: 2010-01-25；接受日期 Accepted: 2010-06-17

Key words: *Leptinotarsa decemlineata*; thiamethoxam; imidacloprid; seed dressing; food utilization; growth and development

新烟碱类杀虫剂(neonicotinoid insecticides, NNs)是继有机磷、氨基甲酸酯和拟除虫菊酯类之后的第4大类杀虫剂，作为烟碱型乙酰胆碱受体(nicotine acetylcholine receptors, nAChRs)的激动剂(agonist)，对昆虫神经系统nAChRs具有丰富的选择性(Tomizawa and Casida, 2003)，具有触杀、内吸、胃毒、拒食和驱避作用，对刺吸式口器蚜虫、叶蝉和飞虱及鞘翅目马铃薯甲虫等害虫有非常好的防治效果，以高效、低毒、安全和广谱成为近年来新农药创制领域研究的热点(须志平，2009)，吡虫啉和噻虫嗪就是典型代表(邵旭升等，2008)。

马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* (Say)是国际公认的毁灭性检疫害虫，属鞘翅目(Coleoptera)叶甲科(Chrysomelidae)，又称科罗拉多甲虫(Colorado potato beetle)(Casagrande, 1985)。该虫于20世纪90年代经哈萨克斯坦口岸传入我国新疆塔城、伊犁、乌鲁木齐等地，1995年被我国列为“进境植物检疫危险性病、虫、杂草名录”一类有害生物(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局，2003)，主要以成、幼虫取食茄科植物的茎叶、花蕾、叶芽等部位，一般田块减产30%～50%，严重地块减产90%以上(程义美等，2005)，而且还能传播马铃薯褐斑病和环腐病(李红等，2007)。目前，除新疆以外，我国其他马铃薯种植区暂无发生，但其对新疆乃至周边省份马铃薯安全生产的威胁不容忽视。

当环境条件适宜其大发生时，化学防治是最高效的防治技术(张衡等，2007)。国内在喷洒有机磷、氨基甲酸酯和拟除虫菊酯类防治方面取得了大量研究成果，而国外由于上述药剂普遍产生抗性，防治多采用作用机制新颖的新烟碱类杀虫剂。然而，喷洒农药由于药量大、频率高，不仅易使害虫产生抗药性，而且增加了环境的风险性，相反，用内吸性强的新烟碱类杀虫剂播前一次性拌种，用药量少、风险低，是实现资源节约和环境友好的理想途径。为此，本研究依据电生理学研究结果，选用新烟碱类杀虫剂中的部分激动剂(partial agonist)吡虫啉和超级激动剂(super agonist)噻虫嗪(Brown *et al.*, 2006)作为供试药剂，研究其拌种微型薯、播后90 d马铃薯甲虫幼虫对其的取食利用和生长发育状况，探索其营养指标的变化，为科学评价种薯拌种防治马铃薯甲虫提供依据。

1　材料和方法

1.1　供试材料

1.1.1　供试药剂及剂量：70%噻虫嗪种子处理可分散粉剂(ZF)(瑞士先正达作物保护有限公司生产)，拌种浓度为有效成分18 g/100 kg种薯；10%吡虫啉可湿性粉剂(WP)(石家庄志诚农药化工有限公司生产)，拌种浓度为有效成分18 g/100 kg种薯。

1.1.2　供试马铃薯品种：中熟的夏波蒂，生育期150 d左右，于2009年4月25日拌种，4月27日播种于新疆农业科学院试验场，叶片采于各处理田块。

1.1.3　试虫：马铃薯甲虫的幼虫由新疆农业科学院安宁渠试验场未防治试验田块采集的卵块于温度27℃，相对湿度60%，光周期16L∶8D的人工气候箱孵化的1龄幼虫而来。

1.2　实验处理和取样

于马铃薯播种后90 d用新鲜叶片饲喂马铃薯甲虫的幼虫，采用称重法(Waldbauer, 1968；中华人民共和国农业部，2006)进行测定。从1.1.3节获得的幼虫中选取10头体重为1.5 mg±0.1 mg的初孵幼虫以及10片重量为1 000 mg±0.1 mg的叶片于50℃下烘24 h，再在100℃下烘至恒重称量其干重，同时选取40头体重为1.5 mg±0.1 mg的初孵幼虫放于装有处理叶片重量为1 000 mg±0.1 mg的培养皿中，单头饲养于温度27℃，相对湿度60%，光周期16L∶8D的人工气候箱内，每日检查3次，蜕皮后次日将10头幼虫及粪便和取食后的叶片放入50℃下烘24 h，100℃下烘至恒重后称量其干重，并及时称量更换叶片进行下一龄期食量和排粪量的测定，直至幼虫老熟化蛹。每处理分别测定试虫10头。等量清水处理为空白对照。试验期间用各处理叶片饲喂各龄期幼虫以补足死亡的幼虫数。

1.3　营养指标计算

根据龄期变化前叶片干重(A, mg)、龄期变化后叶片干重(B, mg)、龄期变化前幼虫干重(C, mg)、龄期变化后幼虫干重(D, mg)和该龄期内的粪便干重(E, mg)，计算以下营养指标(郭林芳和李保平，2008；朱九生等，2008)：取食量FI = A

－B；食物利用率 ECI＝(D－C)/(A－B)×100；食物转化率 ECD＝(D－C)/(A－B－E)×100；近似消化率 AD＝(A－B－E)/(A－B)×100；相对生长率 RGR＝(D－C)/［(C＋D)/2］，同时于老熟幼虫化蛹次日称量蛹重。

1.4 数据统计与分析

实验数据以平均值±标准差(mean ± *SD*)表示，应用 DPS(V3.01 专业版)软件进行方差分析，差异显著性检验采用 Duncan 氏新复极差检验法，以 $P<0.05$ 视为有显著差异。

2 结果与分析

2.1 新烟碱杀虫剂拌种对马铃薯甲虫幼虫取食量和排粪量的影响

表 1 表明：马铃薯甲虫幼虫的取食量和排粪量随龄期增大而增大，用 70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂和 10% 吡虫啉可湿性粉剂有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种后，各龄期的取食量和排粪量大小顺序为空白对照≥10% 吡虫啉 WP＞70% 噻虫嗪 ZF；方差分析表明，70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂、10% 吡虫啉可湿性粉剂和空白对照 3 个处理各龄期的取食量和 4 龄期的排粪量间差异显著($P<0.05$)，1 龄期、2 龄期和 3 龄期的排粪量之间差异不显著($P>0.05$)。说明新烟碱类杀虫剂 70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂和 10% 吡虫啉可湿性粉剂有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种对马铃薯甲虫幼虫取食有显著抑制作用。

2.2 新烟碱杀虫剂拌种对马铃薯甲虫幼虫食物利用参数的影响

从表 2 中可以看出，马铃薯甲虫 1～3 龄幼虫的食物利用率和转化率随龄期增大而增大，进入 4 龄以后，食物利用率和转化率大幅降低，这是由于 4 龄幼虫虽摄食大量叶片，但大部分叶片并未进入消化系统吸收利用，而是咀嚼后含入口器内以备化蛹造成的。取食 70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种处理的叶片后，食物利用率和转化率显著低于 10% 吡虫啉可湿性粉剂和空白对照处理($P<0.05$)；相反，取食 10% 吡虫啉可湿性粉剂有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种处理的叶片后，食物利用率和转化率与空白对照差异不显著($P>0.05$)。说明 70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种处理不能很好地满足幼虫生长发育营养物质的需要，10% 吡虫啉可湿性粉剂有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种处理能较好的满足幼虫生长发育营养物质的需要。

2.3 新烟碱杀虫剂拌种对马铃薯甲虫幼虫营养参数的影响

从表 3 中看出，马铃薯甲虫幼虫的近似消化率随龄期增大而增大，相对生长率在 3 龄期达到最大，进入 4 龄后相对生长速率显著降低。方差分析显示，取食 70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种处理的叶片后，近似消化率和相对生长率与 10% 吡虫啉可湿性粉剂和空白对照差异显著($P<0.05$)，取食 10% 吡虫啉可湿性粉剂有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种处理的叶片后，近似消化率和相对生长率与空白对照差异不显著($P>0.05$)。说明 70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种对幼虫近似消化率和生长发育有显著抑制作用，10% 吡虫啉可湿性粉剂 18 g/100 kg 种薯拌种对幼虫近似消化率和生长发育无显著抑制作用。

表 1 新烟碱类杀虫剂拌种对马铃薯甲虫幼虫取食量和排粪量的影响

Table 1 Effect of seed dressing with neonicotinoid insecticides on food intake and feces excretion of *Leptinotarsa decemlineata* larvae

处理 Treatment	取食量 Food intake (mg/larva)				排粪量 Feces excretion (mg/larva)			
	1 龄幼虫 1st instar larva	2 龄幼虫 2nd instar larva	3 龄幼虫 3rd instar larva	4 龄幼虫 4th instar larva	1 龄幼虫 1st instar larva	2 龄幼虫 2nd instar larva	3 龄幼虫 3rd instar larva	4 龄幼虫 4th instar larva
70% 噻虫嗪 ZF 70% thiamethoxam ZF	3.1±0.3 c	8.2±0.8 c	26.7±0.6 c	75.6±3.0 c	2.3±0.3 a	5.2±1.0 a	15.9±0.5 a	45.1+2.6 c
10% 吡虫啉 WP 10% imidacloprid WP	4.7±0.3 b	10.3±0.3 b	32.1±0.5 b	97.3±4.5 b	2.7±0.4 a	5.4±0.4 a	16.1±0.4 a	48.4±2.1 b
空白对照 Blank control	5.2±0.2 a	11.0±0.4 a	33.4±0.6 a	105.9±1.4 a	2.7±0.4 a	5.6±0.4 a	16.4±0.6 a	52.0±0.6 a

表中数据为平均值±标准差，同列数据后不同字母表示差异显著($P<0.05$，DPS 分析)；下同。The data in the table are mean ± *SD*. Different letters following data in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level using DPS. The same below.

表 2　新烟碱杀虫剂拌种对马铃薯甲虫幼虫食物利用参数的影响

Table 2　Effect of seed dressing with neonicotinoid insecticides on food conversion parameters of *Leptinotarsa decemlineata* larvae

处理 Treatment	食物利用率(%) Conversion efficiency of ingested food				食物转化率(%) Conversion efficiency of digested food			
	1 龄幼虫 1st instar larva	2 龄幼虫 2nd instar larva	3 龄幼虫 3rd instar larva	4 龄幼虫 4th instar larva	1 龄幼虫 1st instar larva	2 龄幼虫 2nd instar larva	3 龄幼虫 3rd instar larva	4 龄幼虫 4th instar larva
70%噻虫嗪 ZF 70% thiamethoxam ZF	8.4 ±4.5 b	8.8 ±3.4 b	9.3 ±1.7 b	3.9 ±0.2 b	21.9 ±9.0 b	22.7 ±5.7 b	23.2 ±4.3 b	9.8 ±0.5 b
10%吡虫啉 WP 10% imidacloprid WP	20.0 ±3.9 a	21.6 ±4.1 a	22.3 ±0.9 a	6.2 ±0.4 a	43.0 ±4.2 a	44.6 ±4.9 a	44.7 ±1.0 a	12.3 ±0.9 a
空白对照 Blank control	21.4 ±6.9 a	21.9 ±3.0 a	23.3 ±2.3 a	6.4 ±0.5 a	44.3 ±6.9 a	44.6 ±4.2 a	45.8 ±3.3 a	12.5 ±1.0 a

表 3　新烟碱杀虫剂拌种对马铃薯甲虫幼虫营养参数的影响

Table 3　Effect of seed dressing with neonicotinoid insecticides on nutritional parameters of *Leptinotarsa decemlineata* larvae

处理 Treatment	近似消化率(%) Approximate digestibility				相对生长率(%) Relative growth rate			
	1 龄幼虫 1st instar larva	2 龄幼虫 2nd instar larva	3 龄幼虫 3rd instar larva	4 龄幼虫 4th instar larva	1 龄幼虫 1st instar larva	2 龄幼虫 2nd instar larva	3 龄幼虫 3rd instar larva	4 龄幼虫 4th instar larva
70%噻虫嗪 ZF 70% thiamethoxam ZF	36.7 ±6.1 b	38.1 ±6.9 b	40.3 ±2.9 b	40.3 ±2.2 b	20.6 ±8.7 b	22.7 ±6.2 b	23.2 ±4.3 b	9.1 ±0.5 b
10%吡虫啉 WP 10% imidacloprid WP	46.1 ±4.6 a	48.1 ±4.6 a	49.9 ±0.9 a	50.2 ±1.0 a	41.3 ±3.9 a	42.5 ±8.2 a	43.2 ±6.7 a	10.0 ±0.7 a
空白对照 Blank control	47.3 ±7.8 a	49.1 ±2.8 a	50.8 ±1.7 a	50.9 ±0.8 a	42.3 ±4.9 a	42.9 ±7.5 a	43.3 ±6.9 a	10.3 ±0.8 a

2.4　新烟碱杀虫剂拌种对马铃薯甲虫幼虫体重和蛹重的影响

表 4 结果表明：马铃薯甲虫幼虫体重增长量随龄期增大而增大，用 70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种后，各龄期体重增长量和蛹重与 10% 和吡虫啉可湿性粉剂和空白对照差异显著($P<0.05$)；相反，用 10% 吡虫啉可湿性粉剂 18 g/100 kg 种薯拌种后，3 龄期和 4 龄期体重增长量与空白对照差异显著($P<0.05$)，1 龄期和 2 龄期体重增长量及蛹重与空白对照差异不显著($P>0.05$)。说明 70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂 18 g/100 kg 种薯拌种对幼虫生长有显著抑制作用，10% 吡虫啉可湿性粉剂 18 g/100 kg 种薯拌种对幼虫生长的抑制作用是一个药效累积的过程，但抑制作用不明显。

表 4　新烟碱杀虫剂拌种对马铃薯甲虫幼虫体重和蛹重的影响

Table 4　Effect of seed dressing with neonicotinoid insecticides on larval body weight gain and pupal weight of *Leptinotarsa decemlineata*

处理 Treatment	体重增加量 Body weight gain (mg/larva)				蛹重(mg/pupa) Pupal weight
	1 龄幼虫 1st instar larva	2 龄幼虫 2nd instar larva	3 龄幼虫 3rd instar larva	4 龄幼虫 4th instar larva	
70%噻虫嗪 ZF 70% thiamethoxam ZF	0.3 ±0.2 b	0.7 ±0.3 b	2.5 ±0.4 c	3.0 ±0.1 c	78.4 ±12.8 b
10%吡虫啉 WP 10% imidacloprid WP	1.0 +0.3 a	2.2 ±0.5 a	7.2 ±0.3 b	6.0 ±0.4 b	121.3 ±22.0 a
空白对照 Blank control	1.1 ±0.4 a	2.4 ±0.3 a	7.8 ±0.8 a	6.8 ±0.6 a	124.7 ±13.7 a

2.5 新烟碱杀虫剂拌种对马铃薯甲虫幼虫和蛹发育历期的影响

表 5 结果表明：马铃薯甲虫幼虫取食 70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂和 10 吡虫啉可湿性粉剂有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种、出苗 90 d 后的叶片后，70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂拌种处理 2 ~4 龄幼虫的发育历期与和 10% 吡虫啉可湿性粉剂和空白对照 2 ~ 4 龄幼虫的发育历期差异显著（$P < 0.05$），1 龄幼虫的发育历期与 10% 吡虫啉可湿性粉剂和空白对照差异不显著（$P > 0.05$）；10% 吡虫啉可湿性粉剂拌种处理各龄幼虫的发育历期与空白对照的发育历期差异均不显著（$P > 0.05$）。说明幼虫取食 70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种处理出苗 90 d 后的叶片显著延长了幼虫生长发育历期，有利于减少当季世代数，减轻为害。

表 5 新烟碱杀虫剂拌种对马铃薯甲虫幼虫和蛹发育历期（d）的影响

Table 5 Effect of seed dressing with neonicotinoid insecticides on developmental period (d) of *Leptinotarsa decemlineata* larvae and pupae

处理 Treatment	1 龄幼虫 1st instar larva	2 龄幼虫 2nd instar larva	3 龄幼虫 3rd instar larva	4 龄幼虫 4th instar larva	预蛹期 Prepupa	蛹期 Pupa	合计 Total
70% 噻虫嗪 ZF 70% thiamethoxam ZF	3.2 ±0.4 a	3.2 ±0.4 a	4.2 ±0.4 a	6.2 ±0.4 a	6.8 ±1.0 a	6.4 ±1.0 a	30.0 ±1.8 a
10% 吡虫啉 WP 10% imidacloprid WP	3.0 ±0.0 a	2.2 ±0.4 b	2.4 ±0.5 b	4.4 ±0.5 b	5.6 ±0.8 b	5.4 ±0.5 b	23.0 ±1.5 b
空白对照 Blank control	3.0 ±0.0 a	2.2 ±0.4 b	2.4 ±0.5 b	4.4 ±0.5 b	5.6 ±0.8 b	5.4 ±0.5 b	23.0 ±1.2 b

3 讨论

取食是昆虫新陈代谢的第一环节，是一个复杂的行为和生理过程。定量比较昆虫对食物的取食量、利用率、转化率、近似消化率和相对生长率等营养指标，可以准确了解不同食物对昆虫营养效应的差异，掌握昆虫生长发育的优劣程度。马铃薯甲虫是一种取食范围较广的植食性害虫，主要取食马铃薯、茄子、天仙子和番茄等茄科植物，自然条件下不仅对不同寄主的取食具有选择性，而且对同一寄主的取食也有很强选择性，长势良好的植物由于水分和营养物质含量高，往往能吸引其取食，用内吸性杀虫剂拌种后，输送到植株各个部位的药液被马铃薯甲虫取食后，取食量明显下降，进而影响其生长发育（杨振德等，2003；许冬等，2009），但抗性群体往往可以通过延长发育历期和提高消化吸收能力来促进其生长。本研究结果表明，用 70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种后，马铃薯甲虫幼虫的取食量、体重增加量、蛹重、食物利用率、食物转化率、近似消化率、相对生长率显著低于 10% 吡虫啉可湿性粉剂和空白对照（$P < 0.05$），发育历期显著长于 10% 吡虫啉可湿性粉剂和空白对照（$P < 0.05$），不能提高消化吸收能力促进其生长，相反，用 10% 吡虫啉可湿性粉剂有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种后，马铃薯甲虫幼虫的取食量和 3 ~4 龄期的体重增加量与空白对照差异显著（$P < 0.05$），蛹重、1 ~2 龄幼虫的体重增长量、食物利用率、食物转化率、近似消化率和相对生长率和生长发育历期与空白对照差异不显著（$P > 0.05$），能通过提高消化吸收能力促进其生长。说明 70% 噻虫嗪种子处理可分散粉剂有效成分 18 g/100 kg 种薯拌种显著降低了马铃薯甲虫幼虫的取食量，有效抑制了害虫的生长发育，有利于降低马铃薯甲虫的世代重叠危害。其原因为噻虫嗪是 1998 年市场化的第 2 代氯代噻唑类杀虫剂，与昆虫烟酸乙酰胆碱受体的亲和性强于吡虫啉，且在植株体内降解缓慢，滞留时间长（王彦华和王鸣华，2008），马铃薯甲虫取食其叶片后，积累的有效成分加快了体内模拟乙酰胆碱的合成，促使电子传递不断加剧，冲动传导不断，害虫处于极度兴奋状态（Alyokhin *et al.*, 2007），因而，造成取食量和营养指标的严重下降，而吡虫啉是 1995 年市场化的第 1 代氯代吡啶杀虫剂，与昆虫烟酸乙酰胆碱受体的亲和性弱于噻虫嗪，害虫目前普遍对其产生了抗药性（Devine *et al.*, 1996；Zhao *et al.*, 2000；Tan *et al.*, 2008），因而，取食量和营养指标的变化与空白对照差异不明显。另外，本实验结果也表明，我国新疆地区的马铃薯甲虫目前对噻虫嗪没有产生抗药性，这与美国长岛地区马铃薯甲虫已经对噻虫嗪产生严重抗性的结果相分歧（Alyokhin *et al.*, 2007），体现了马铃薯甲虫种群结构区域差异性，但今后应注意其与吡虫啉的交互施

用以避免抗药性，据报道，马铃薯甲虫对一种新杀虫剂施用 2 ~4 年后就会产生抗药性，是一种易产生抗药性的有害生物（Grafiuse，1997；Mota-Sanchez *et al*.，2006）。随着噻虫嗪在我国的广泛使用，抗性问题是科技工作者面临的重要课题，如何防止其产生抗性和限制产生抗性基因的传播是马铃薯甲虫持续控制的新任务。

参 考 文 献（References）

Alyokhin A，Dively G，Patterson M，Castaldo C，Rogers D，Mahoney M，Wollam J，2007. Resistance and cross-resistance to imidacloprid and thiamethoxam in the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata*. *Pest Management Science*，63（1）：32 －41.

Brown LA，Ihara M，Buckingham SD，Matsuda K，Sattelle DB，2006. Neonicotinoid insecticides display partial and super agonist actions on native insect nicotinic acetylcholine receptors. *Journal of Neurochemistry*，99：608 －615.

Casagrande RA，1985. The“Iowa”potato beetle，its discovery and spreads to potatoes. *Bull. Entomol. Soc. Am*.，31（2）：27 －29.

Cheng YM，Cui LG，Chen YY，Shi DJ，Wang W，2005. An analysis of possibility of occurrence of potato weevil in Jilin province. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*，30（3）：33，35.［程义美，崔良刚，陈月颖，史殿军，王威，2005. 马铃薯甲虫在吉林省发生的可能性分析．吉林农业科学，30(3)：33，35］

Devine GJ，Harling ZK，Scarr AW，Devonshire AL，1996. Lethal and sublethal effects of imidacloprid on nicotine-tolerant *Myzus nicotianae* and *Myzus persicae*. *Pesticide Science*，48（1）：57 －62.

General Administration of Quality Supervision，Inspection and Quarantine of the People's Republic of China，SN/T 1178-2003. Plant Quarantine－Methods for Inspection and Identification on Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata*（Say）. Standards Press of China，Beijing.［中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局．SN/T 1178-2003. 马铃薯甲虫检疫鉴定方法. 北京：中国标准出版社］

Grafius E，1997. Economic impact of insecticide resistance in the Colorado potato beetle（Coleoptera：Chrysomelidae）on the Michigan potato industry. *Journal of Economic Entomology*，90（5）：1144 －1151.

Guo LF，Li BP，2008. Effects of parasitism by *Meteorus pulchricornis*（Wesmael）（Hymenoptera：Braconidae）on food consumption and utilization of its host *Spodoptera exigua* Hübner（Lepidoptera：Noctuidae）larvae. *Acta Entomologica Sinica*，51（10）：1017 －1021.［郭林芳，李保平，2008. 斑痣悬茧蜂寄生对甜菜夜蛾幼虫取食和食物利用的影响．昆虫学报，51(10)：1017 －1021］

Li H，Qin XH，Sai LM，2007. Occurrence and integrated control techniques of potato beetles in Bozhou area. *China Vegetables*，（7）：55 －56.［李红，秦晓辉，赛丽蔓，2007. 博州地区马铃薯甲虫发生特点与综合防治技术．中国蔬菜，(7)：55 －56］

Ministry of Agriculture of the People's Republic of China，NY/T1154. 2-2006. Pesticides Guidelines for Laboratory Bioactivity Tests Parts：The Leaf Sandwich Test for Insecticide Stomach Poisoning Activity. Standards Press of China，Beijing. 1 －3.［中华人民共和国农业部．NY/T1154. 2-2006 农药室内生物测定试验准则杀虫剂第 2 部分：胃毒活性试验．北京：中国标准出版社．1 －3］

Mota-Sanchez D，Hollingworth RM，Grafius EJ，Moyer DD，2006. Resistance and cross-resistance to neonicotinoid insecticides and spinosad in the Colorado potato beetle，*Leptinotarsa decemlineata*（Say）（Coleoptera：Chrysomelidae）. *Pest Management Science*，62（1）：30 －37.

Shao XS，Tian ZZ，Li Z，Xu XY，Huang QC，Qian XH，2008. Advances in neonicotinoids and investigation of heterocyclic-fused *cis* derivatives. *Chinese Journal of Pesticide Science*，10（2）：117 －126.［邵旭升，田忠贞，李忠，徐晓勇，黄青春，钱旭红，2008. 新烟碱类杀虫剂及稠环固定的顺式衍生物研究进展．农药学学报，10(2)：117 －126］

Tan J，Salgado VL，Hollingworth RM，2008. Neural actions of imidacloprid and their involvement in resistance in the Colorado potato beetle，*Leptinotarsa decemlineata*（Say）. *Pest Management Science*，64（1）：37 －47.

Tomizawa M，Casida JE，2003. Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. *Annual Review of Entomology*，48：339 －364.

Waldbauer GP，1968. The consumption and utilization of food by insects. *Advances in Insect Physiology*，5：229 －281.

Wang YH，Wang MH，2008. Pest resistance to thiamethoxam and its management. *World Pesticides*，30（4）：42 －45.［王彦华，王鸣华，2008. 害虫对噻虫嗪抗药性及其治理．世界农药，30(4)：42 －45］

Xu D，Zhang YJ，Chen Y，Guo YY，2009. Mechanisms of indirect defenses in plants induced by herbivores. *Plant Protection*，35（1）：13 －21.［许冬，张永军，陈洋，郭予元，2009. 虫害诱导植物间接防御机制．植物保护，35(1)：13 －21］

Xu ZP，2009. Application of neonicotinoid insecticides in crop protection. *World Pesticides*，31（2）：18 －21.［须志平，2009. 新烟碱类杀虫剂在作物保护方面的应用．世界农药，31(2)：18 －21］

Yang ZD，Zhu L，Zhao BG，2003. Chemical ecology of insect in plant protection. *Journal of Nanjing Forestry University*（*Natural Science Edition*），27（5）：93 －98.［杨振德，朱麟，赵博光，2003. 昆虫化学生态学与植物保护．南京林业大学学报(自然科学版)，27(5)：93 －98］

Zhang H，Li XF，Wang CJ，Qiu LH，2007. Advances in the researches on control and insecticide resistance in *Leptinotarsa decemlineata*. *Chinese Bulletin of Entomology*，44（4）：496 －500.［张衡，李学锋，王成菊，邱立红，2007. 马铃薯甲虫防治技术及其抗药性研究进展．昆虫知识，44(4)：496 －500］

Zhao JZ，Grafius EJ，Bishop BA，2000. Inheritance and synergism of resistance to imidacloprid in the Colorado potato beetle（Coleoptera：Chrysomelidae）. *Journal of Economic Entomology*，93：1508 －1514.

Zhu JS，Wang J，Gao HY，Qin S，Qiao XW，Han JC，2008. Effects of sub-lethal dosages abamectin on food intake and digestive enzyme activities of silkworm. *Chinese Journal of Applied Ecology*，19（11）：2527 －2532.［朱九生，王静，高海燕，秦曙，乔雄梧，韩巨才，2008. 亚致死剂量阿维菌素对家蚕食物利用及中肠消化酶活性的影响．应用生态学报，19(11)：2527 －2532］

（责任编辑：赵利辉）